

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ИМПЛАНТИРОВАННОГО СЕРЕБРА В КОМПОЗИТАХ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА

Зуза Д.А., Лапуть О.А., Понарин Н.В.

Научный руководитель: профессор, д. ф.-м. н. И. А. Курзина

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: [zzdnl@yandex.ru](mailto:zzdnl@yandex.ru)

## SILVER CONCENTRATION IN POLYLACTIC ACID BASED COMPOSITES AFTER ION IMPLANTATION

Zuza D.A., Laput O.A., Ponarin N.V.

Scientific Supervisor: Prof., Dr. I.A. Kurzina

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: [zzdnl@yandex.ru](mailto:zzdnl@yandex.ru)

**Abstract.** *In the present work we investigated the effect of silver ion implantation with exposure doses of  $1 \cdot 10^{15}$  and  $1 \cdot 10^{16}$  ion/cm<sup>2</sup>, accelerating voltage of 20 kV and ion energy of 40 keV on polylactic acid (PL), hydroxapatite (HA) and their composites (PL/HA) in the ratio of 80/20 and 60/40, respectively. For determine the concentration of silver was used 2 methods: AES of microwave plasma and XPS.*

**Введение.** В настоящее время наблюдается повышенный интерес к композиционным материалам на полимерной основе, что обусловлено поиском и разработкой оптимальных материалов для создания иммунотолерантных и биоразлагаемых костных имплантатов [1]. Использование в составе полимерных композитов синтетического материала - заменителя костной ткани – гидроксиапатита позволяет регулировать скорость разложения имплантатов в теле живого организма, что делает такие материалы перспективными для практического применения в биомедицине. Обработка различных материалов ионными пучками является одним из важнейших направлений передовых современных промышленных технологий благодаря экологичности и широкому диапазону режимов ведения процесса [2]. Актуальной задачей является изучение механизмов химических реакций макромолекул и изменений в надмолекулярных структурах полимеров в приповерхностном слое в условиях ионного облучения. Целью настоящей работы является определение концентрации серебра в поверхностном слое композитов на основе полилактида и гидроксиапатита после имплантации его ионов при экспозиционных дозах облучения  $1 \cdot 10^{15}$  и  $1 \cdot 10^{16}$  ион/см<sup>2</sup>.

**Материалы и методы исследования.** Композиционные материалы с дисперсным гидроксиапатитом (ГА) были получены смешением раствора полилактида в хлороформе ( $c = 0,1$  г/мл) и порошка ГА при постоянном перемешивании, массовое соотношение компонентов составляло 80/20 и 60/40, соответственно. Полученную суспензию обрабатывали ультразвуком (УЗ) в течение 20 минут с частотой 40 кГц, затем осаждали в пятикратном избытке этилового спирта, и полученные волокна высушивали до полного испарения растворителя в сушильном шкафу при 40°C. Полученные материалы подвергали механическому измельчению, затем формовали на лабораторном гидравлическом прессе ПГР-10 при давлении 100 бар. Исследование элементного состава проводили методом РФЭС на приборе

Versa Probe II, режимы измерения для образцов 100um, 25W, 15kV, Pass Energy (PE) 23eV, сканирование по площади 500x500 мкм. Концентрация серебра определялась методом эмиссионной спектроскопии микроволновой плазмы на приборе Agilent 4100. В качестве инертного газа использовался азот.

**Результаты.** На рис.1 а, в представлены РФЭ-спектры C1s исходных ПЛ/ГА, так и подвергнутые имплантации ионами серебра (рис.1 б, г) с дозой  $1 \cdot 10^{16}$  ион/см<sup>2</sup>. Из рис.1 а, в видно, что спектры имеют по 3 ярко выраженных пика. Энергия связи электронов для первого пика равна ~287,5 эВ, для второго пика ~285,2 эВ и для третьего ~283,5 эВ. Справочные данные (Таблица 1) указывают на то, что пики немного смещены, примерно на 2 эВ каждый, это объясняется тем, что исходные образцы полилактида представляют структуру *L*-лактида, в отличие от справочных данных, соответствующих *D,L*-лактиду. Также несоответствие можно объяснить наличием частичных примесей в образце. После имплантации серебра заметно, что первые два пика, немного сгладились, однако первый пик также различим, это связано с увеличением числа метильных групп. Энергия связи электронов 3d-уровня Ag соответствует состоянию Ag<sup>0</sup>. Очевидно, что Ag не образует новых связей со структурными единицами матрицы и находится в металлическом состоянии.

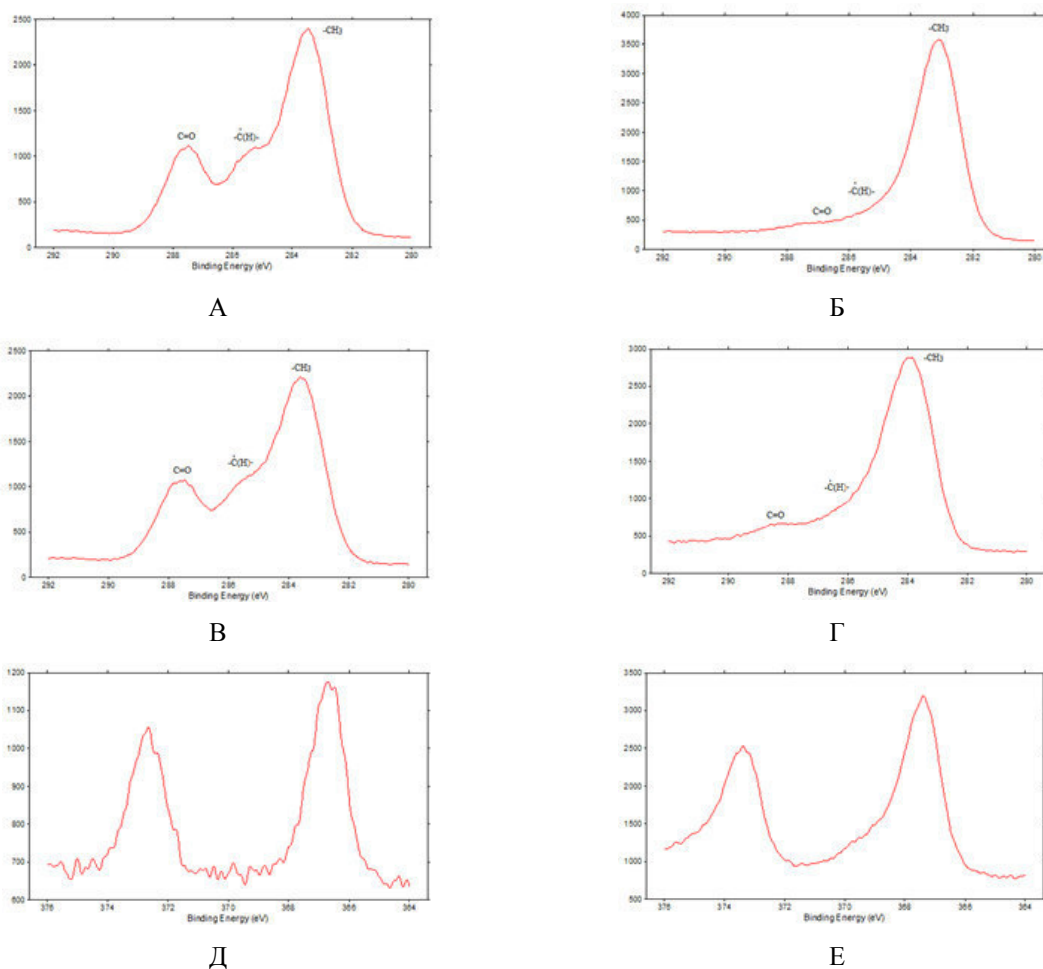
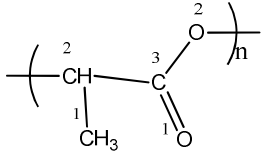


Рис.1. РФЭС спектры: а) - C1s ПЛ/ГА 80/20 исходный, б) - C1s ПЛ/ГА 80/20 после имплантации, в) - C1s ПЛ/ГА 60/40 исходный, г) - C1s ПЛ/ГА 60/40 после имплантации, д) - Ag3d ПЛ/ГА 80/20, е) - Ag3d ПЛ/ГА 60/20

Таблица 1

РФЭС данные для чистого полилактида

	C 1s		
	1	2	3
Энергия связи, эВ	285,00	286,98	289,06

На рис.2 представлена зависимость массовой доли серебра на поверхности композиционных материалов на основе полилактида и гидроксиапатита в соотношениях 80/20 и 60/40 от экспозиционных доз облучения  $1 \times 10^{15}$  и  $1 \times 10^{16}$  ион/см<sup>2</sup>. Можно заметить, что массовая доля серебра в облученных образцах ПЛ/ГА 80/20 больше, чем в образцах ПЛ/ГА 60/40, при этом с увеличением дозы экспозиции это значение практически не изменяется. Вместе с тем, для образцов ПЛ/ГА 60/40 массовая доля серебра увеличивается с повышением дозы примерно в 40 раз.

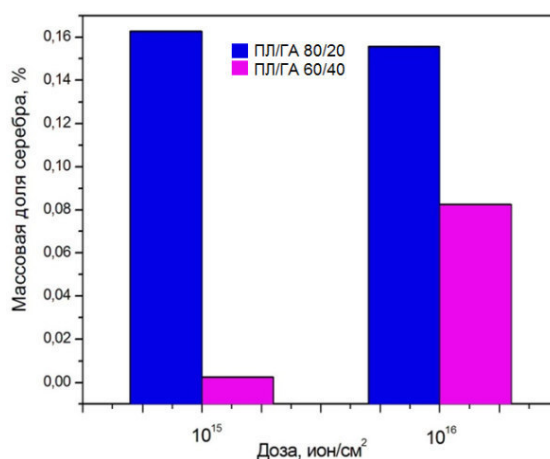


Рис. 2. Массовая доля серебра в образцах ПЛ/ГА 80/20 и 60/40 при экспозиционных дозах облучения  $1 \cdot 10^{15}$  и  $1 \cdot 10^{16}$  ион/см<sup>2</sup>

**Закключение.** Таким образом, проведено измерение концентрации серебра после имплантации его ионов в приповерхностный слой композиционных материалов на основе полилактида и гидроксиапатита при экспозиционных дозах облучения  $1 \cdot 10^{15}$  и  $1 \cdot 10^{16}$  ион/см<sup>2</sup>. Установлено, что массовая доля серебра в образцах ПЛ/ГА 80/20 с экспозиционной дозой облучения  $1 \cdot 10^{15}$  ион/см<sup>2</sup> и  $1 \cdot 10^{16}$  ион/см<sup>2</sup> практически одинакова и составляет примерно 0,16%. В образцах ПЛ/ГА 60/40 массовая доля серебра значительно разнится, при дозе облучения  $1 \cdot 10^{15}$  ион/см<sup>2</sup> она составила 0,002%, а при дозе облучения  $1 \cdot 10^{16}$  ион/см<sup>2</sup> составила 0,08%.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ а 15-08-05496.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Athanasiou K.A., Niederauer G.G., Agrawal C.M., Sterilization, toxicity, biocompatibility and clinical applications of polylactic acid-polyglycolic acid copolymers, *Biomaterials*. – 1996. – Vol.17. – P. 93–102.
2. Sviridov D. V., Ion implantation in polymers: chemical aspects // *Chemical Problems of The Development of New Materials and Technologies*. – 2003. – Vol. 1, P. 88–106.